

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### A. Tinjauan pustaka

Landasan teori digunakan sebagai dasar dari sebuah penelitian. Sumber tersebut memberikan kerangka atau dasar untuk memahami latar belakang timbulnya permasalahan secara sistematis. Landasan teori penting untuk mendasari suatu penelitian agar tidak menyimpang dari teori-teori yang sudah ada dan sudah teruji. Oleh karena itu, dalam landasan teori ini akan dijelaskan tentang penyebab terjadinya *surgings turbocharger* di kapal MV. Meratus Medan 3.

##### 1. Pembakaran

Menurut Rayner Joel dalam bukunya yang berjudul *Basic Engineering Thermodynamics* bab delapan, mengatakan bahwa: Pembakaran berarti membakar, dan sebuah bahan bakar adalah sebuah zat yang mana ketika terbakar membebaskan sejumlah besar energi untuk diberikan. Secara luas, mayoritas bahan bakar adalah berdasarkan karbon dan hidrogen atau kombinasi antara karbon dengan hidrogen (disebut hidrokarbon), dimana C dan  $H_2$  adalah masa karbon dan hidrogen per-kilogram bahan bakar.

Pada proses ini sejumlah energi akan bebas dalam bentuk panas (reaksi eksotermis) yang disebut nilai opak atau energi spesifik netto. Seperti ketergantungannya pada susunan bahan bakar, maka jumlah udara yang diperlukan untuk melakukan pembakaran sempurna yaitu 1 kg udara

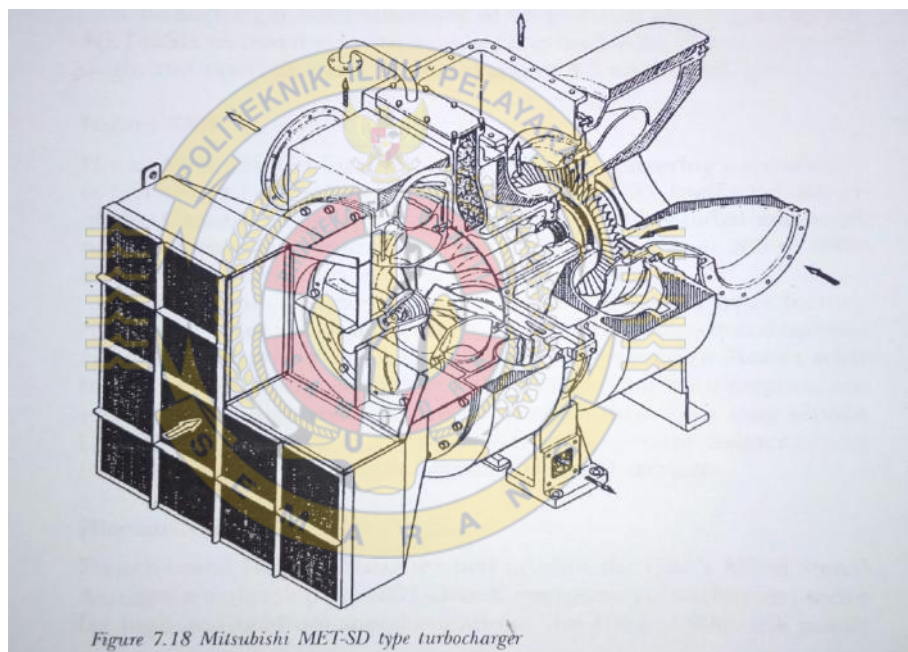
dan untuk melakukan pembakaran 1 kg bahan bakar diperlukan teoritis 14 @14,5 kg udara. Ditinjau dari segi praktis, maka jumlah udara teoritis yang tersedia dalam silinder terlalu kecil untuk menghasilkan pembakaran sempurna dalam waktu singkat. Oleh sebab itu diberikan udara lebih besar, kelebihan tersebut tergantung dari tipe motor dan sistem pembakaran yang terjadi pada mesin. Rata-rata jumlah udara praktis yang tersedia untuk melakukan sekali pembakaran yaitu dua kali jumlah udara teoritis. Selain udara lebih untuk pembakaran, masih diperlukan sejumlah udara yang dialirkan kedalam silinder dengan tujuan untuk melakukan pembilasan pembakaran, pembilasan ini dilakukan agar sisa pembakaran dari silinder atau ruang pembakaran terbuang keluar. Udara bilas (*scaving air*) tersebut juga tergantung dari proses kerja mesin yang di gunakan, yaitu mesin 2-tak atau 4-tak, khusus untuk motor 2-tak juga masih melihat dari sistem pembilasan silinder yang dilakukan.

Dengan membagi jumlah udara pembakaran per kg bahan bakar (untuk pembakaran dan pembilasan) dengan jumlah udara teoritis untuk pembakaran 1 kg bahan bakar, akan diperoleh faktor udara total. Harga ini berkisar 1,4 untuk motor 2-tak beban penuh. Untuk motor 4-tak sekitar 1,2 (kedua harga-harga tersebut harus dipandang sebagai nilai pembanding atau perkiraan untuk mencegah penyimpangan yang terjadi saat pembahasan berikutnya).

## 2. Turbocharger

Menurut Sukoco, M.pd. dan Zainal Arifin, M.T (2013: 127-128) *turbocharger* adalah sebuah komponen untuk menambah jumlah udara

yang masuk kedalam silinder dengan memanfaatkan energi gas buang. *Turbocharger* merupakan peralatan untuk mengubah sistem pemasukan udara secara alami dengan sistem paksa. Kalau sebelumnya pemasukan udara mengandalkan kevakuman yang di bentuk karena gerakan piston pada langkah isap, maka dengan *turbocharger* udara ditekan masuk ke dalam silinder menggunakan kompresor yang di putar oleh *turbin* dengan memanfaatkan tenaga dari sisa gas buang.



Gambar 2.1 *main engine turbocharger*

Sistem pemasukan paksa ini lebih menguntungkan pada motor diesel, karena meskipun terdapat tenaga yang hilang akibat tekanan balik, motor diesel masih mendapatkan tenaga pembakaran yang lebih besar. Hal ini terjadi karena penambahan udara dalam silinder akan meningkatkan tekanan dengan temperatur yang relatif rendah, serta akan mencegah terjadinya keterlambatan pembakaran (*ignition delay*) yang dapat

menimbulkan terjadinya *detonasi*, penambahan udara juga akan memungkinkan terjadinya pembakaran jumlah bahan bakar menjadi lebih maksimal.

*Turbocharger* juga di pasang sebagai usaha untuk mengurangi kerugian pembuangan yang cukup besar dari gas buang yang melewati saluran buang. Mesin yang menggunakan *turbocharger*, gas buang yang keluar dimanfaatkan untuk menggerakkan *turbin* dan menggerakkan kompressor. Kompressor tersebut memompa udara masuk ke dalam silinder sehingga menaikkan tekanan dan jumlah udara masuk ke dalam silinder. Dengan demikian maka jumlah udara yang di masukan ke dalam silinder dapat diperbanyak sehingga daya mesin dapat menjadi lebih besar. Apabila campuran bahan bakar dengan udara tekan tidak seimbang maka proses pembakaran yang terjadi tidak akan berlangsung secara sempurna, hal tersebut akan mengakibatkan terjadinya pembakaran susulan (*detonasi*). Berikut akibat-akibat yang ditimbulkan dari pembakaran yang kurang sempurna:

- a. Terjadinya pembakaran susulan (*detonasi*) yang akan menambah beban mekanisme pada silinder serta tekanan dari gas sisa pembakaran yang tidak merata yang dapat merusak kondisi permesinan pada *main engine*.
- b. Sisa-sisa gas pembakaran menyebabkan munculnya kerak karbon pada *needle valve and seating* yang jika tidak segera ditangani akan memperpendek umur *sparepart* serta akan memperburuk kondisi *main*

*engine*, disamping itu gas sisa pembakaran juga akan menyebabkan tersumbatnya *nozzle-nozzle ring turbin side* dan *filter piece* pada *turbocharger* karena kandungan karbon pada gas buang yang terlalu banyak.

- c. Putaran *turbocharger* tidak normal dan karena tekanan gelombang gas bekas tidak berekspansi secara merata pada sudu-sudu *turbine side* sehingga dapat mengakibatkan terjadinya *surging* pada *turbocharger main engine*.
- d. Sisa-sisa pembakaran akan melekat pada kepala torak (*Piston Crown*) dan dinding *cylinder liner* sehingga proses pelumasan silinder akan terganggu.

### 3. *Surging turbocharger*

Menurut Dough Woodyard dalam bukunya *Marine Diesel Engine* (7: 126) “*surging is the periodic breakdown of air delivery*”. *Surging* merupakan kejadian dimana *turbocharger* mengalami *overrunning* lalu berhenti seketika, kemudian berputar dengan normal kembali, tidak berapa lama *overrunning* kembali. Saat akan terjadi *surging*, kompresor akan berputar dengan kecepatan di atas kecepatan normalnya (*overrunning*), hal ini terjadi karena kompresor tidak menghasilkan udara bertekanan yang di suplai ke dalam *main engine*, sehingga seolah-olah *turbocharger* berputar tanpa beban. *Surging* terjadi karena suatu getaran frekuensi tinggi dari *impeller (rotor)* yang berputar pada keadaan tertentu dan kompresor udara harus menyalurkan udara dengan tekanan tertentu sesuai dengan putaran *turbine* dan karena suatu sebab tekanan udara didalam ruang pembilasan

(*scaving air trunk*) sama atau lebih tinggi dibandingkan dengan tekanan udara yang dihasilkan oleh *blower* kompresor maka ada kecenderungan tekanan udara membalik arah melawan sudu-sudu *blower* yang berputar.

Salah satu penyebab *surging* pada *turbocharger* disebabkan karena ketidakmampuan *difuser* untuk menghasilkan tekanan yang cukup untuk mendorong udara menuju ruang bakar. Penyebab *surging* tidak selalu berasal dari *turbocharger* mengingat bahwa *turbocahrger* dengan *main engine* adalah pasangan yang saling berkaitan dan memiliki *interdependensi* yang kuat. Akan kita lihat dari tiga sudut pandang penyebab *surging*; *main engine*, *turbocharger*, dan lingkungan operasi.

*Surging* bisa disebabkan oleh kualitas udara *engine room* yang digunakan untuk mensuplai udara untuk pembakaran terlalu buruk. Saat temperatur udara *engine room* terlalu tinggi, dapat diturunkan melalui *intercooler*. Saat udara *engine room* berdebu, debu dapat dibersihkan dengan *air filter*, namun yang terjadi di MV. Meratus Medan 3 yaitu udara bilas yang digunakan untuk melakukan pembakaran di *scaving air trunk* tercampur dengan material lain yang dapat mengakibatkan terjadinya pembakaran menjadi tidak sempurna sehingga pembakaran yang terjadi didalam silinder menjadi tidak sempurna. Pembakaran yang tidak sempurna didalam silinder terjadi karena komposisi pembakaran bahan bakar yang tidak tepat antara jumlah injeksi bahan bakar ataupun *volume* udara dalam satu proses pembakaran, tercampurnya zat-zat lain seperti air ataupun minyak lumas juga dapat menyebabkan pembakaran tidak sempurna karena dapat mengurangi daya pembakaran pada suatu silinder.



Dengan adanya pembakaran yang tidak sempurna, dapat menyebabkan umur *turbocharger* menjadi lebih pendek karena temperatur gas buang pada mesin yang proses pembakarannya tidak sempurna relatif lebih tinggi, pembakaran yang tidak sempurna juga mengakibatkan putaran *turbocharger* menjadi tidak normal, karena tekanan gelombang *exhaust gas* tidak berekspansi secara merata pada sudu-sudu *turbine side* sehingga dapat mengakibatkan *surging* pada *turbocharge* mesin induk.

Selain itu, sistem pendingin udara memegang peranan penting dalam hal ini, *air cooler* inilah yang mengatur temperatur udara yang masuk kedalam *main engine*. Bila terlalu panas maka udara yang dikirimkan oleh kompressor juga suhunya menjadi tinggi, sehingga kerapatannya berkurang. Bila hal ini terjadi, komposisi perbandingan udara dengan bahan bakar dalam sekali langkah menjadi tidak maksimal dan akan mengakibatkan terjadinya pembakaran yang tidak sempurna, serta gas buang yang di hasilkan akan mengandung banyak karbon disertai temperatur gas buang yang terlalu tinggi. Apabila gas buang yang dihasilkan tidak sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan turbocharger, maka putaran *turbocharger* akan menjadi tidak stabil.

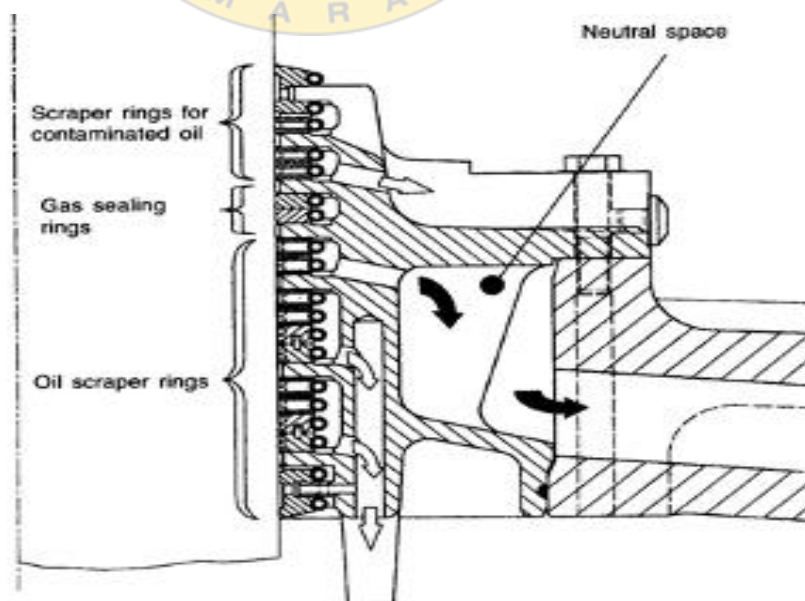
#### 4. *Piston rod stuffing box ring*

*Piston rod stuffing box* di pasang di dasar *scaving air trunk* tepat di bawah *cylinder liner*. *Stuffing box* dipasang untuk mencegah minyak dari *crankcase* naik ke ruang udara bilas (*scaving air trunk*). *Piston rod stuffing box* juga berfungsi untuk mencegah udara bilas masuk ke *crankcase*.



Gambar 2.2 *stuffing box* di *main engine*

*Stuffing box* dipasang pada sebuah *ring* yang di ikat dengan baut di bagian bawah *scaving air trunk*. *Stuffing box* diambil bersama-sama dengan batang piston saat melakukan overhaul piston, tetapi juga dapat dibongkar untuk pemeriksaan melalui *crankcase* dengan piston, sisanya tetap di posisi tanpa melakukan pembongkaran komponen bagian atas.



Gambar 2.3 *stuffing box and housing*



*Stuffing box housing* terbagi dalam beberapa bagian dan tersusun oleh gabungan 6 pasang *ring*. Di dalam dudukan enam alur *ring* telah mesin dari yang dua yang paling atas *sealing ring* yang berfungsi untuk mencegah *scaving air* bertiup menuju *crankcase* melalui celah *piston rod* dan aliran minyak lumas yang menempel di batang *piston*. Di bagian tengah terdapat sepasang *ring* yang sering di sebut dengan *gas sealing ring*. Di alur bawah *scraper ring* dilengkapi *ring* berlapis untuk mengikis minyak lumas dari batang *piston*. Minyak yang menempel di batang *piston* ini di bersihkan di *stuffing box housing* menggunakan *ring-ring scraper* tersebut dan kembali ke *crankcase*. Namun, jika ring ini sudah aus, maka minyak lumas di batang *piston* akan mengalir ke saluran pembuangan menuju tangki dan bisa juga ikut masuk kedalam ruang udara bilas karena *scraper ring* sudah tidak mampu membersihkan minyak yang menempel di batang *piston*.

##### 5. Udara bilas (*scaving air*)

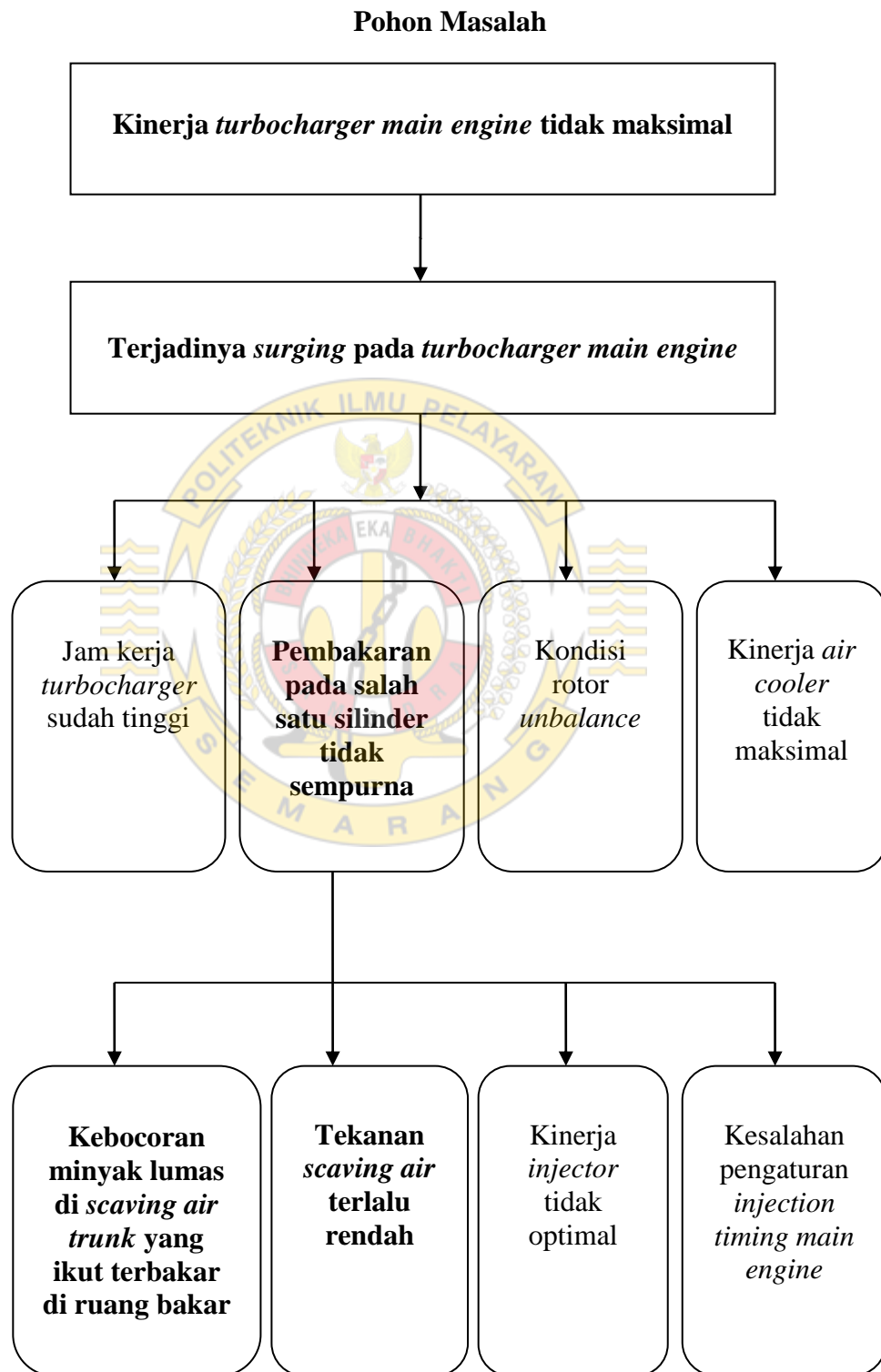
Udara bilas (*scaving air*) pada *main engine* digunakan sebagai sumber udara untuk dikompresikan saat melakukan pembakaran pada silinder *main engine*, udara bilas juga berfungsi untuk membilas sisa pembakaran dari silinder menuju *exhaust manifold* untuk membersihkan gas-gas sisa pembakaran didalam *combustion chamber*. Udara bilas bertekanan tersebut dihasilkan dari putaran *blower* pada *turbochager* saat mesin sedang beroperasi dan dibantu *auxiliary blower* saat sedang melaksanakan *manouver* ataupun saat putaran *main engine* kurang dari 80 rpm (sesuai *instruction and manual book* Mitsubishi 6 UEC 60 LS).

*Turbocharger* dalam menghasilkan udara tekan harus diatas tekanan 1 atm serta dalam keadaan dingin. Bila udara dingin maka udara tersebut menjadi padat dan berat, sehingga molekul oksigennya ( $O_2$ ) bertambah banyak. Molekul-molekul oksigen yang banyak ini akan menimbulkan pembakaran yang sempurna, sehingga daya output mesin dapat lebih maksimal. Jika hasil udara tekan yang di suplai oleh *blower* berkurang maka otomatis jumlah udara murni yang masuk ke dalam silinder juga pasti berkurang. Keadaan ini akan menyebabkan proses pembakaran yang terjadi di dalam silinder berlangsung tidak sempurna dan daya yang dihasilkan oleh mesin induk tidak maksimal, serta pembilasan gas sisa pembakaran yang terjadi juga tidak dapat berlangsung secara maksimal.

## B. Kerangka pikir penelitian

Kerangka pikir penelitian adalah bagan dari suatu alur pemikiran seseorang terhadap apa yang sedang dipahaminya untuk dijadikan sebagai acuan dalam memecahkan suatu permasalahan yang sedang diteliti secara logis dan sistematis. Setiap bagan atau kerangka pikir yang dibuat mempunyai kedudukan atau tingkatan yang dilandasi dengan teori-teori yang *relevan* agar permasalahan dalam penelitian tersebut dapat terpecahkan. Kerangka pemikiran yang disusun dalam upaya memudahkan pembahasan laporan penelitian terapan yang dirangkum menjadi skripsi dengan mengambil pembahasan tentang terjadinya *surging turbocharger* pada *main engine* di kapal MV. Meratus Medan 3. Untuk keperluan penelitian, dibawah ini

digambarkan kerangka pikir tentang terjadinya *surging turbocharger* yang penulis susun sebagai berikut :



Gambar 2.4 pohon masalah

### C. Definisi operasional

Pemakaian istilah-istilah dalam bahasa Indonesia maupun bahasa asing akan sering ditemui pada pembahasan berikutnya. Agar tidak terjadi kesalahpahaman dalam mempelajarinya maka di bawah ini akan dijelaskan pengertian dari istilah-istilah tersebut :

1. *Detonasi* adalah tahapan pembakaran yang tertunda terlalu panjang ataupun terjadi terlalu cepat (Karyanto. Dasar Motor Diesel. Hal. 10)
2. *Exhaust gas* adalah gas buang yang berasal dari hasil pembersihan induk. (P. Van Maanen. Jilid 1. Motor Diesel Kapal. Hal. 1.3)
3. *Blower side* adalah bagian *turbocharger* yang berfungsi menghisap udara luar untuk diteruskan ke ruang pembakaran. (Menurut tim penyusun politeknik ilmu pelayaran semarang Hal. 25)
4. *Turbin side* adalah bagian *turbin* yang digerakkan dan berhubungan dengan *exhaust gas* yang melalui *manifold*. berbentuk silinder dan dilapisi oleh *liner* tempat bergerakanya *piston* naik turun. (Menurut tim penyusun politeknik ilmu pelayaran semarang Hal. 25)
5. *Surging turbocharger* adalah suatu kondisi dimana tekanan udara dari pompa bilas lebih besar dari pada tekanan udara dari *blower*. Hal ini akan terjadi tekanan balik, dan tekanan ini berbenturan di *blower* yang menimbulkan bunyi ledakan. Juga di sebabkan karena tekanan udara yang dihasilkan dari *blower* berkurang, sedangkan tekanan udara dari ruang penampung udara bilas lebih besar dari pada tekanan udara yang di hasilkan *blower*, sehingga menimbulkan tekanan balik yang berbenturan

di sisi *blower* dan menimbulkan bunyi seperti ledakan.

(<http://ditrakurniawan.wordpress.com/category/diesel-engine-turbomachinery/>)

6. *Scaving air* (udara bilas) adalah sumber udara untuk dikompresikan saat melakukan pembakaran pada silinder *main engine*. (Menurut *Manual book of Main Engine 6 UEC 60 LS*)
7. *Piston rod stuffing box ring (scraper ring)* adalah susunan *ring* yang di pasang pada dasar *scaving air trunk* tepat di bawah *cylinder liner* yang berfungsi untuk mencegah minyak dari *crankcase* naik ke ruang udara bilas (*scaving air trunk*) dan juga berfungsi untuk mencegah udara bilas masuk ke *crankcase*. (Menurut *Manual book of Main Engine 6 UEC 60 LS*).

